

LE CŒUR

(VAISSEAU DORSAL)

ET LA CIRCULATION CHEZ LES INSECTES

PAR

E. BUGNION



L'Insecte n'a pas comme le Vertébré un système vasculaire fermé. Le sang incolore, verdâtre ou jaune clair, pauvre en globules, est simplement renfermé dans la cavité du corps et les interstices qui en dépendent. Le liquide nourricier baigne directement tous les organes et pénètre par des fentes étroites à l'intérieur des pattes, des ailes et des antennes.

L'absence de vaisseaux fermés est elle-même en rapport avec la disposition de l'appareil respiratoire. Les ramifications trachéennes portant l'oxygène à l'intérieur des tissus et jusqu'à la surface des cellules, un système capillaire était désormais inutile. L'absence plus ou moins complète des globules rouges, s'explique à peu près de même; on sait que chez les animaux supérieurs, c'est au transport de l'oxygène que les érythrocytes sont spécialement affectés.

Toutefois le sang se meut suivant des directions déterminées dans un système de lacunes. Les mouvements sont produits par les contractions d'un cœur tubulaire désigné sous le nom de *Vaisseau dorsal*. Placé sur la ligne médiane, en dessous des téguments du dos, ce cœur est la seule partie de l'appareil vraiment *endiguée*.

Graduellement atténué d'arrière en avant, le cœur est un tube étroit, à direction rectiligne, formé de deux membranes élastiques, l'une interne et l'autre externe. Entre deux se trouvent des fibres musculaires, annulaires pour la plupart, présidant à la systole.

En dessous du cœur existe d'ordinaire un cloison fenêtrée, (*septum péricardique, diaphragme sous-cardiaque*) formée par les expansions de muscles transverses disposés par paires, connus à cause de leur forme triangulaire et aplatie sous le nom de *muscles aliformes ou ailes du cœur*.

Ces muscles, plus ou moins plexiformes, tendus de la paroi dorso-latérale aux deux bords du septum ou au cœur lui-même, offrent le plus souvent une striation peu distincte. Le septum sépare d'avec la cavité générale un espace rempli de sang dans lequel le cœur est baigné. Cet espace (*sinus péricardique*), qui se voit sans préparation chez divers insectes, est bordé de part et d'autre par une bandelette grasseuse, supportée par un réseau trachéen à mailles étroites. Des éléments spéciaux (*cellules péricardiques*), disposés en amas ou en cordons, ordinairement chargés de granules brunâtres, remplissent les interstices des muscles aliformes et du septum.

L'action des muscles aliformes a donné lieu, comme on sait à des interprétations diverses. Les premiers auteurs qui ont étudié le cœur des insectes, (Carus 1827, Strauss Durkheim 1828, Bowerbank 1833, Newport 1839, Verloren 1847), admirent simplement que ces muscles agissent au moment de la diastole en tirant sur le cœur de part et d'autre. — Graber (1877) a contredit cette manière de voir. Les muscles alaires n'iraient pas directement au cœur, mais se porteraient plutôt à la cloison transverse (septum péricardique) placée en dessous. Cette cloison étant légèrement convexe du côté dorsal, la contraction des muscles aurait pour effet de l'abaisser et en conséquence de dilater le sinus. Le sang affluerait plus facilement à l'intérieur.

C'est entre ces deux opinions, toutes deux trop absolues, que se trouve probablement la vérité. Une cloison sous-cardiaque, formée par l'entrecroisement des muscles aliformes, se voit nettement chez certains insectes. Je puis citer par exemple la larve du grand *Oryctes* de Ceylan, (*O. rhinoceros*), chez laquelle le septum est très distinct et percé de nombreuses fenêtres destinées à favoriser l'accès du sang. Mais le septum peut aussi

manquer, ainsi chez les Phasmes d'après l'Abbé de Sinéty (1901). Or ces insectes possèdent néanmoins des muscles alaires au nombre de 4 à 5 paires. J'ai moi-même sous les yeux une larve de *Corethra*, (Diptère) traitée au chlorure d'or, chez laquelle des fibres aliformes très fines, disposées en plexus, se voient nettement au niveau des derniers ventriculites, bien qu'ici encore on ne puisse démontrer aucun septum. Ma conclusion est que les muscles alaires peuvent, par une partie au moins de leurs fibres, s'insérer sur le cœur et sur les valves.

Le réseau trachéen qui enlace les cellules graisseuses et péricardiques et baigne avec celles-ci à l'intérieur du sinus, contribue vraisemblablement à assurer l'hématose.

Le vaisseau dorsal est divisé en un certain nombre de chambres (*ventriculites*), plus ou moins renflées, placées les unes derrière les autres. Chacune d'elles est séparée de la suivante par deux valves juxtaposées (replis de la paroi) qui, se portant en avant au moment de la systole, permettent le passage du sang d'un ventriculite dans celui qui le précède, mais s'opposent au reflux en sens inverse. Au niveau des valves se trouve d'ordinaire, de chaque côté, une ouverture appelée *ostiole*, par laquelle le sang contenu dans le sinus pénètre dans le cœur. L'ostiole est compris dans l'épaisseur de la valve.

Le cœur est, sauf chez quelques larves, fermé en cul de sac à sa partie postérieure, plus ou moins dilatée. Il se continue en avant par une aorte, qui, prolongée jusque dans la tête, pénètre dans l'anneau œsophagien et s'ouvre par un petit entonnoir en avant du cerveau (chez *Bacillus* d'après de Sinéty) ou se divise en deux branches en arrière du ganglion. Le plus grand nombre de chambres, 13 au total, avec 12 paires d'ostioles et de muscles aliformes, a été observé chez la Blatte. (Miall et Denny 1886, p. 135). Le cœur s'étendant jusqu'au 1^{er} segment thoracique, l'aorte est naturellement d'autant plus courte.

Les Thysanoures ont neuf chambres. Chez *Macrotoma* (Collembole), le nombre des ventriculites est réduit à cinq. Chez les Ptérygotes (à l'exception de la Blatte), le vaisseau dorsal compte au plus huit chambres et ne dépasse pas les limites de l'abdomen. L'existence de huit paires d'ostioles a été constatée chez le Hanneton, le Rhyncophore, les Sphinx, la Sauterelle verte. Newport en a vu sept chez le Lucane Cerf-volant, cinq chez le

Bourdon terrestre. Chez les larves de Calosome, il paraît n'exister que quatre chambres, de même que chez les Mouches.

Les battements du cœur sont, d'une part, sous la dépendance des ganglions sus-intestinaux, d'autre part, pour chaque ventriculite, sous l'influence de cellules nerveuses spéciales (distinctes chez la larve de *Corethra*) désignées sous le nom de *corps piriformes* (R. Wagner 1835) ou de *cellules apolaires* (Dogiel 1877). — Les contractions n'ont pas lieu simultanément dans tous les ventriculites, mais se propagent comme une vague de la chambre postérieure à l'antérieure.

J'ai noté 80 pulsations chez une larve d'*Aeschna*, 72 chez *Termes ceylonicus*, 18 à 20 chez une larve de Lucanide (*Odontolabis*), 16 à 18 chez la larve de *Corethra*. — Newport a compté 60 à 70 pulsations chez le Bombyx du pin (chenille et imago) au repos et jusqu'à 150 lorsque l'insecte est agité. — Hérold a noté chez le ver à soie 30 à 40 battements par minute à la température ordinaire et seulement 6 à 8 ensuite d'un abaissement de 6 à 10°. — Schröder van der Kolk indique 40 à 44 contractions à la température ordinaire pour la larve de l'Oestre du cheval (*Gastrophilus equi*) et 60 à la température de 37°.

Le sang après avoir traversé le cœur d'un bout à l'autre s'échappe au niveau du cerveau par le bout de l'aorte, se dirige vers le labre, les antennes, etc., puis revient en sens inverse par les côtés du corps. — Kolbe figure dans son ouvrage (1893) une larve d'*Epithea* (Libellule), chez laquelle on voit encore des courants de retour dans les pattes et les antennes.

Un courant de retour a été constaté par Graber chez les Orthoptères dans l'espace (sinus périnervien), qui engaine la chaîne nerveuse au côté ventral.

Chez les larves d'Ephémères, (*Cloëon*) le dernier ventriculite émet trois vaisseaux qui ont leur paroi propre et pénètrent dans les trois appendices respiratoires qui surmontent le bout du corps. Une ouverture placée à l'extrémité de chacun des vaisseaux permet au sang de revenir en sens inverse vers la cavité du corps.

Chez certains Lépidoptères (*Danais*), l'aorte décrit dans le thorax une courbe à convexité supérieure offrant un renfle-

ment vésiculeux. Une autre dilatation située à l'intérieur de la tête émet deux branches terminales dont l'une se porte vers l'œil et l'autre vers l'antenne (Burgess 1880). Quelques espèces (*Bombyx mori*, *Macroglossa stellatarum*) ont à la base de l'antenne une ampoule arrondie qui peut en se dilatant interrompre le courant. (Selvatico 1887). Un organe analogue existe aussi chez les Blattes ; (Mary Pawlova 1895).

Les Hydrocores, (*Notonecta*, *Ranatra*, *Corixa*, *Belostoma*), ont dans les pattes antérieures un organe pulsatile, (membrane tendue par un muscle), destiné à activer le cours du sang dans les lacunes. Cet organe, décrit par Behn (1835) et par Locy (1884), a été plus récemment étudié par Brocher (1910).

Les espèces qui ont fait l'objet de cette étude sont : *Termes ceylonicus*, et *Horni*, les larves d'*Odontolabis*, d'*Oryctes rhinoceros*, d'*Agriion*, d'*Aeschna* et de *Corethra plumicornis*.

L'ouvrier des *Termes ceylonicus* et *Horni* est parfois assez transparent pour que l'on puisse voir dans la partie antérieure de l'abdomen les contractions du vaisseau dorsal et le va-et-vient des globules. Le sinus péricardique apparaît comme une fente claire, large de 60 à 70 μ , limitée de part et d'autre par une bandelette opaque. Formées par le corps graisseux, ces bandelettes renferment un réseau trachéen à mailles fines. Le vaisseau dorsal occupe l'intérieur du sinus. Chaque ventriculite est séparé de celui qui le précède par une paire de plis valvulaires faisant l'office de soupape. Les muscles aliformes débordent les bandelettes péricardiques pour s'insérer en dehors à la face profonde des téguments. Les ostioles par lesquels le sang pénètre à l'intérieur du vaisseau sont difficiles à observer. On peut admettre cependant que ces orifices se trouvent au niveau des valves. Chaque pli valvulaire est formé de deux lames qui, s'écartant quelque peu au moment de la diastole, laissent le sang du sinus pénétrer dans le cœur.

Le sang est un liquide clair, renfermant seulement quelques corpuscules. Ces globules, larges de 4 à 5 μ , sont de petits lymphocytes ovales ou arrondis, montrant autour du noyau une mince couche de cytoplasme.

Le moyen qui m'a le mieux réussi pour observer les battements du cœur est de placer le termite vivant sous la lamelle,

encerclé de petits morceaux de liège. On remplit d'eau cette chambrette improvisée en la portant sur le bord au moyen d'un pinceau. L'insecte, après s'être débattu pendant quelques instants, reste d'ordinaire immobile. C'est sur la moitié antérieure de l'abdomen (seule partie transparente), que l'observation peut-être faite. Les pulsations se suivent régulièrement à raison de 72 à 80 à la minute. On voit au moment de la systole le vaisseau se resserrer, en suite de la contraction des fibres transverses et, au niveau de chaque pli valvulaire, les deux valves se porter en avant en s'adossant l'une à l'autre. La soupape est en ce moment disposée en entonnoir. Le courant, reconnaissable au mouvement des globules, se fait d'arrière en avant par l'interstice linéaire qui sépare les deux valves. Dans la diastole, le vaisseau s'élargit, les valves reprennent leur position transverse et, joignant leurs bords, ferment l'interstice qui les sépare. Ce n'est donc pas pendant la diastole, (comme on le lit encore dans quelques livres) que le sang passe d'un ventricule dans celui qui le précède, mais au moment de la systole. L'entrée du sang par les ostioles latéraux se produit en revanche dans la diastole. Celle-ci dure plus longtemps que la systole ; la durée de la diastole est environ 4 fois plus longue.

On remarque encore que le pli valvulaire subit une sorte de torsion en vertu de laquelle les deux lames qui le forment se rapprochent dans la systole et s'éloignent de nouveau dans la diastole ; l'intérieur du pli paraît à ce moment gorgé de liquide.

La torsion a probablement pour effet d'ouvrir et de fermer tour à tour l'interstice de la valve, ainsi que l'ostiole correspondant. Quelques fibres du muscle aliforme, insérées sur le cœur au voisinage de l'ostiole, sont, semble-t-il, spécialement préposées à cette action.

Une 2^{me} observation se rapporte à une larve de Lucanide (*Odontolabis*) étudiée à Ceylan. Ici encore le sinus est bordé de part et d'autre par deux bandelettes formées de grains d'un blanc de lait (corps graisseux), offrant une série de petits festons, baignant librement à l'intérieur. Les battements, assez irréguliers, étaient de 18 à 20 à la minute. Le jeu des valves, bien visible lorsqu'on observait à la loupe en plein soleil, se faisait à peu près comme chez le Termite.

Agrion. Mon étude a porté surtout sur des larves fraîchement

écloses, mesurant 3 mm. à peine sans les cerques terminaux, (fig. 1) gracieusement mises à ma disposition par le Dr Brocher. Le cœur, visible par transparence, se remplit exclusivement par le dernier ventriculite notablement dilaté, situé dans le segment pénultième. Il y a dans le bout postérieur de cette chambre deux fentes linéaires comprises l'une et l'autre entre deux valvules qui forment à l'intérieur un petit entonnoir (fig. 2). On voit à chaque diastole les deux fentes s'écarter et les globules (de forme allongée) se précipiter dans l'ouverture. Les valves, retenues par des filaments contractiles, présentent de petits renflements répondant aux noyaux de leurs cellules. En avant de la chambre terminale se trouvent encore sept ventriculites séparés par des plis valvulaires. Je n'ai toutefois, contrairement à l'observation de Kolbe sur la larve d'*Epithecæ*, réussi à distinguer des ostioles latéraux ni au niveau des valvules, ni dans les espaces intermédiaires. Les valves qui s'adossent l'une à l'autre au moment de la systole, ne laissant entre elles qu'une fente étroite, ont pour rôle essentiel d'empêcher le reflux du sang.

Les larves d'*Agrion* permettent de constater (comme chez *Epithecæ*) des courants lacunaires dans diverses parties du corps. J'ai vu entre autres d'une manière très nette chez une larve presque adulte un courant (reconnaissable au mouvement des globules) qui de la région du collier œsophagien, se portait en avant du cerveau, du côté du labre dans l'intervalle de deux muscles. — Il semble donc que l'aorte de la larve d'*Agrion* s'engage dans l'anneau nerveux et se termine par une ouverture libre en avant de celui-ci, ainsi que l'Abbé de Sinéty l'a observé chez *Bacillus*. Le courant revenait vers le cou, en passant à droite et à gauche, en dessous des ganglions optiques. Des courants de retour se voyaient encore près des bords des segments, sur les deux côtés du corps. Un détail à noter est que les contractions de la chambre terminale se succèdent plus rapidement que celles des chambres antérieures. J'ai noté par exemple, chez une larve d'*Agrion*, déjà assez grande, 66 pulsations à la minute pour la chambre postérieure, tandis que la partie antérieure du cœur n'en faisait qu'une trentaine.

Les larves d'*Aeschna* et d'*Anax*, se prêtent, à cause de leur grande taille, aux essais de dissection. On peut, par exemple, détacher à coups de ciseaux les téguments du dos avec le vaisseau dorsal, épingle la préparation dans une cuvette et observer

les battements sous l'eau salée. Un cœur préparé de cette manière a continué de battre pendant une heure et plus à raison de 70 à 80 contractions à la minute. Des contractions, plusieurs fois répétées, s'observent également sur des ventriculites isolés, placés sur le porte-objet dans un peu d'eau salée. Une telle observation, facile à contrôler, montre nettement que les battements du cœur sont, en partie du moins, sous l'influence de cellules nerveuses disséminées à sa surface. — Des coupes transverses pratiquées sur une grande larve d'*Aeschna* n'ont montré aucune trace d'une cloison sous-cardiaque.

La larve de *Corethra* a, comme celle d'*Agrion*, une chambre postérieure un peu dilatée, avec deux orifices terminaux, (observés par Weissmann 1866) par lesquels on voit, à chaque diastole, pénétrer les globules. Cette chambre, presque deux fois plus large que les suivantes, se distingue par la présence de 6 à 8 paires de renflements proéminents à l'intérieur. Chaque renflement consiste d'après Dogiel en un groupe de cellules. Le renflement de gauche s'appliquant sur le renflement de droite au moment de la systole, chaque paire fonctionnerait comme une soupape.

Le cœur diffère encore de celui d'*Agrion*, en ce qu'il offre une série d'ostioles latéraux placés au niveau des valves intertriculaires (fig.3). On voit, au moment de la diastole, les deux lames de la valve s'écarter l'une de l'autre et se retourner partiellement en dehors. Les globules pénètrent en même temps du sinus dans le cœur. Pendant la systole, l'ostiole est fermé. La valve droite s'adosse à ce moment à la valve gauche; il se forme un pli en entonnoir, qui laisse passer le sang d'arrière en avant, mais s'oppose en revanche au reflux en sens inverse. Les contractions, au nombre de 16 environ à la minute, se distinguent par leur régularité et leur belle amplitude.

Les muscles aliformes sont formés de fibrilles délicates striées, démontrables au moyen du chlorure d'or; il y en a six paires, en rapport avec les six dernières chambres. Partant d'un point unique à la face interne du tégument, les fibrilles qui constituent les se portent en divergeant du côté du cœur, et s'attachent à cet organe par une sorte de réseau. Quelques fibres s'insèrent spécialement sur les valves et contribuent au moment de la diastole à les tirer en dehors.

Des cellules apolaires, au nombre de 15 à 16 paires, sont tout le long du cœur appliquées sur ces fibrilles ¹⁾

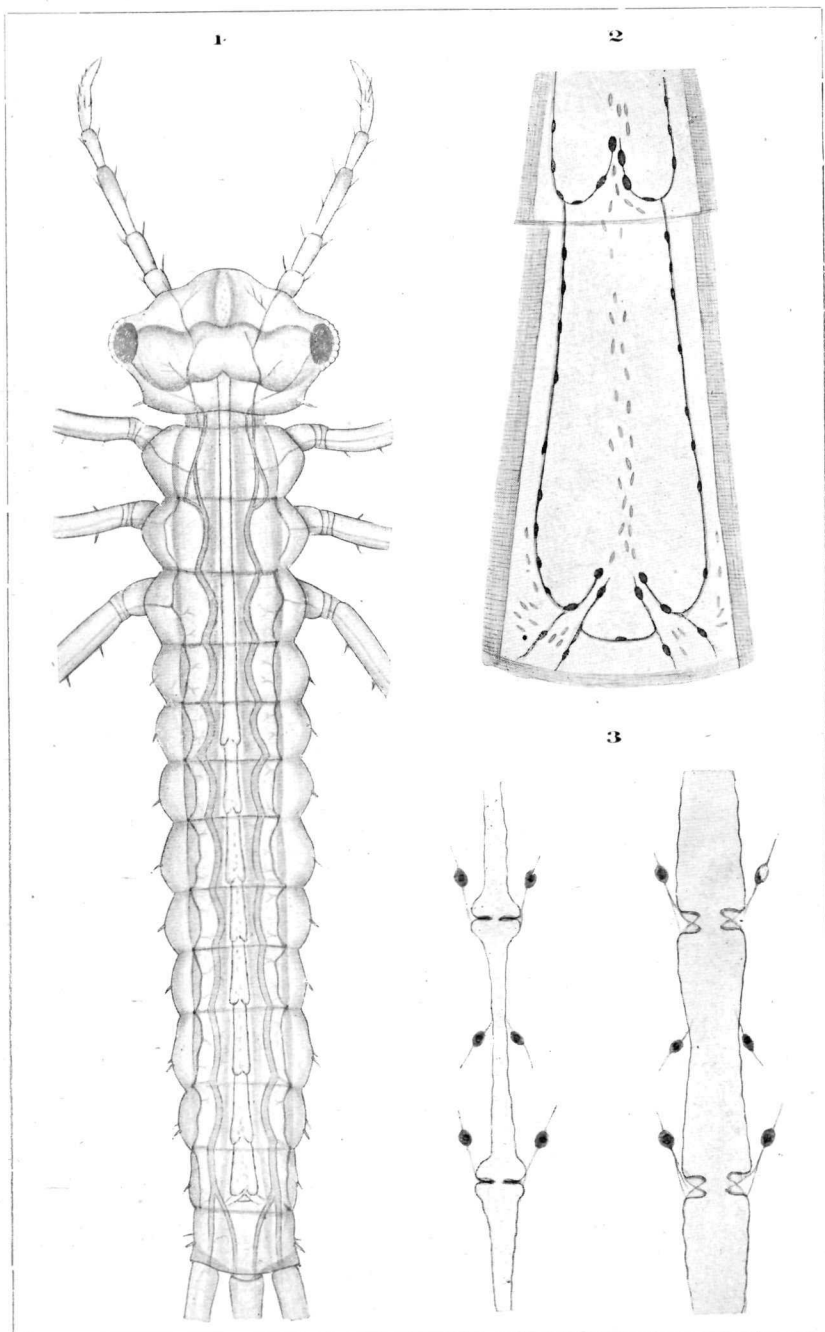
Le cœur des insectes est, comme il ressort de ces exemples, un sujet d'observations attrayant et instructif. Les larves d'*Agrion* et de *Corethra* sont, à cause de leur transparence, remarquables entre toutes. Il serait difficile d'imaginer un organe plus délicat et plus charmant que ce tube diaphane, successivement dilaté ou resserré, que ces voiles légers qui, animés d'un mouvement rythmique, s'écartent l'un de l'autre ou se joignent tour à tour.

Ouvrages cités

1827. *Carus* C. G. Entdeckung eines einfachen vom Herzen aus beschleunigten Kreislaufes in den Larven netzflügler Insekten, Leipzig, in 4^e.
1828. *Straus Durkheim*. Considérations sur l'Anatomie comparée des animaux (Anatomie du Hanneton). Paris.
1832. *Wagner* R. Beobachtungen über den Kreislauf des Blutes und den Bau des Rückengefässes bei den Insekten. Isis III. S. 30.
1833. *Bowerbank* J. S. Observations on the Circulation of the blood in Insects. Entom. mag. Vol. I. Müller's Archiv. T. I. 1834.
1835. *Wagner* R. Über Blutkörperchen bei Regenwürmern, Blutegeln und Dipterenlarven. Müller's Archiv. p. 311.
1847. *Verloren* C. Mémoire en réponse à la question suivante : éclaircir par des observations nouvelles le phénomène de la circulation dans les insectes. Mém. couron. et Mém. des savants étrangers de l'Acad. Roy. de Belgique T. 19.

¹⁾ Des cellules analogues (probablement de nature nerveuse), ont été décrites également chez un Mallophage, le *Menopon pallidum*, par Wedl (1855), et par Leydig (1857).

1835. *Behn* W. Découverte d'une circulation de fluide nutritif dans les pattes de plusieurs insectes hémiptères. Ann. sc. nat. Sér. II. T. 4.
1839. *Newport* G. „Insecta“ in Todd's cyclopædia of Anatomy et Physiology. Part 17 and 18, Londres.
1845. *Schröder van der Kolk*. J. L. C. Mémoire sur l'Anatomie et la Physiologie du Gastrus equi. T. 4 Verhandl. Nederl. Instit. Amsterdam.
1855. *Wedl*, C. Ueber das Herz von Menopon pallidum. Sitzungsber. Akad. Wiss Wien, Bd. 17.
1857. *Leydig*, Fr. Lehrb. der Hist. des Menschen u. der Thiere p. 444.
1866. *Weissmann* A. Die Metamorphose der Corethra plumicornis. Zeits. f. wiss. Zool. Bd. 16.
1872. *Graber*, V. Über den propulsatorischen Apparat der Insekten. Archiv. f. mikroskop. Anatomie. Bd. 9.
1876. *Graber*, V. Über den pulsierenden Bauchsinus der Insekten. Mit 1 Taf. Archiv. f. mikroskop. Anat. Bd. 12.
- 1877-79 *Graber*, V. Die Insekten. Munich I. p. 328.
1877. *Dogiel*, Joh. Anatomie u. Physiologie des Herzens der Larve von Corethra plumicornis. Mit 2 Taf. Mém. Acad. imp. de St. Pétersbourg. 7^{me} sér. T. 24.
1880. *Burgess*, E. Contributions to the Anatomy of the Milk-wed Butterfly (Danaïd Archipus. Anniv.) Mém. Boston Soc. nat. Hist.
1881. *Burgess*, E. Note on the Aorta in Lepidopterous Insects. Proc. Boston. Soc. nat. Vol. 21.
1884. *Locy*, W. A. Anatomy and Physiology of the family Nepidæ. Amer. Nat. Vol. 18.
1886. *Miall et Denny*, The cockroach (Periplaneta orientalis). Londres.
1887. *Selvatico*, D. S. Die Aorta im Brustkasten u. im Kopfe des Schmetterlings von Bombyx Mori. Zool. Anz. 10 Jahrg.



BUGNION ET POPOFF DEL

E. BUGNION. Le Cœur des Insectes

1893. *Kolbe*, H. J. Einführung in die Kenntniss der Insekten. Berlin.
1895. *Pawlova*, Mary. Über ampullenartige Blutcirculationsorgane im Kopfe verschiedener Orthopteren. Zool. Anz. Bd. 18
1901. *de Sinéty*, R. Recherches sur la Biologie et l'Anatomie des Phasmes. L.
1909. *Brocher*, Frank. Sur l'organe pulsatile observé dans les pattes des Hémiptères aquatiques. Ann. Biol. Lac. T. 4.

Explication des Figures

Fig. 1. Larve d'Agrion longue de 3 mm., observée vivante. $\times 45$.

Fig. 2. La même. La chambre postérieure du cœur. $\times 280$.

Fig. 3. Larve de *Corethra plumicornis*; à gauche, un ventriculite observé en systole; à droite, le même en diastole. Les figures montrent trois paires de cellules de Dogiel appliquées sur les fibrilles musculaires. $\times 250$.

